

**Method for regeneration, by micro-wave, of active carbon loading volatile and nonpolar organic matter**

Patent Number: CN1277891  
Publication date: 2000-12-27  
Inventor(s): NING PING (CN); TIAN SENLIN (CN)  
Applicant(s):: KUNMING SCIENCE ENGINEERING UN (CN)  
Requested Patent: CN1277891  
Application Number: CN20000113039 20000616  
Priority Number(s): CN20000113039 20000616  
IPC Classification: B01J20/34 ; B01J20/20  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

The present invention relates to a method of using microwave as heat source to regenerate volatile non-polar organic matter-carried active carbon. The regeneration technology is composed of carrier gas source, carrier gas pretreatment, pressure flow metering control, microwave heater, regeneration reactor, and lowering temp. recovery. Main characteristics include short regeneration time, low energy consumption, good recovery of absorption property of regenerated active carbon, simple technology, easy operation, and no pollution to environment.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

[19]中华人民共和国国家知识产权局

{51}Inn.Cl<sup>7</sup>

B01J 20/34

BO11 20/20

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00113039.0

[43]公开日 2000年12月27日

[11]公开号 CN 1277891A

[22]申请日 2000.6.16 [21]申请号 00113039.0

[71] 申请人 昆明理工大学

地址 650093 云南省昆明市学府路 253 号

[72]发明人 宁 平 田森林

[74]专利代理机构 云南协立专利事务所

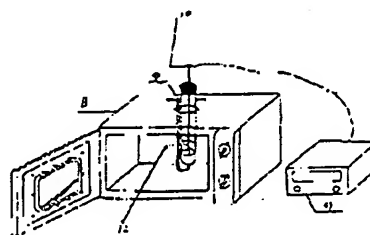
代理人 旃习涵

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图页数 1 页

**[54]发明名称** 微波再生载挥发性非极性有机物活性炭的方法

**[57]摘要**

本发明公开了一种利用微波作为热源再生载挥发性非极性有机物活性炭的方法。再生工艺由载气源、载气预处理、压力流量计控制、微波加热器、再生反应器、降温回收等部分构成。控制其工艺条件:微波功率与活性炭量之比为  $70 \sim 90 \text{ w/g}$ ; 载气流速  $0.1 \sim 0.3 \text{ m/s}$ ; 再生时间  $6 \sim 7 \text{ min}$ 。再生不会对吸附质造成破坏, 可以回收吸附质。主要特点是再生时间短、能耗低、再生炭的吸附性能恢复良好、工艺简单、操作简便、不污染环境。



ISSN 1000-8-4274

知识产权出版社出版

## 权 利 要 求 书

1. 一种微波再生载挥发性非极性有机物活性炭的方法，其特征在于：

1) 工艺流程依次由载气源(1)、载气除杂质(2)、载气流量和压力控制计量(3)、微波加热器(4)、再生反应器(5)、出口气流降温回收装置(6)、回收吸附质(7)几部分构成；

2) 工艺条件：微波功率与活性炭量之比是 70~90w/g，载气流速 0.1~0.3m/s，再生时间 6~7min。

2. 根据权利要求 1 所述的微波再生载挥发性非极性有机物活性炭的方法，其特征是载气为氮气或惰性气体。

3. 根据权利要求 1 所述的微波再生载挥发性非极性有机物活性炭的方法，其特征是再生反应器由石英玻璃加工而成。

4. 根据权利要求 1 所述的微波再生载挥发性非极性有机物活性炭的方法，其特征是出口气流中的吸附质通过降温冷凝回收并可利用废热。

5. 根据权利要求 1、2、3、4 所述的微波再生载挥发性非极性有机物活性炭的方法，其特征是用下列公式可以计算出再生过程中任意时刻活性炭上吸附质残留量随时间的变化以及吸附质出口浓度随时间的变化，

$$q = q_0 - \frac{\int_0^t g(t) dt}{M_c} \quad 1)$$

式 1) 中  $q$ ——任意时刻活性炭上甲苯的残留量，kg 吸附质/kg 活性炭；

$q_0$ ——未进行再生时的活性炭的吸附量，kg 吸附质/kg 活

性炭；

$t$ ——时间, s;

$M_c$ ——活性炭质量, kg;

$$g(t) = \frac{(5.38 + 4.1U) P_v t}{3.600} \sqrt{M} \quad 2)$$

式2)中  $U$ ——载气流速, m/s;

$F$ ——再生反应器横截面积,  $m^2$ ;

$M$ ——吸附质分子量;

$P_v$ ——吸附质饱和蒸气压, mmHg;

$\text{Log} P_v = -0.05223A/T + B$ , 其中  $A, B$  为常数,  $T$  为  $t$  时

刻活性炭温度 (K), 由活性炭升温方程计算得出,

求解1)式的边界条件及初始条件为

$$t=0, q=q_0;$$

$$t=t_M, q=0;$$

$$q \leq q_0$$

$T_M$  为吸附质蒸发结束时间, s.

任意时刻出口气流中吸附质浓度由下式计算

$$-dq/dt = C_T \cdot Q \quad 3)$$

式中  $q, t$ ——意义同前;

$Q$ ——载气流量,  $m^3/s$ ;

$C_T$ —— $dt$  时间内吸附质的平均浓度,  $kg/m^3$ ,

式3)是一常微分方程, 由于时间为0时,  $q = q_0$ , 再代如1)中的  $q$  表达式, 即可解出  $C_T$  与  $t$  的关系, 即吸附质出口浓度随时间的变化。

## 说明书

### 微波再生载挥发性非极性有机物活性炭的方法

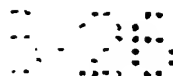
微波再生载挥发性非极性有机物活性炭的方法，属于活性炭升温再生中电加热再生方法的一种。

公知的气体处理活性炭再生方法有升温再生、变压再生、置换再生、吹扫再生几类，对吸附质为挥发性非极性有机物活性炭吸附体系，通常使用升温 and 通入载气吹扫结合进行再生，一般先对载气（水蒸汽或空气）进行直接加热，再使其通过活性炭层，使活性炭得以再生，这类方法的特点是再生过程中传热方向是从活性炭表层到里层，而传质方向则相反，这样导致传质阻力增大，影响传质效果，进而再生时间较长（30~100min），另外，对热空气和水蒸汽先进行升温再进行再生使得能耗较高，热利用率较低。

实际工业应用的结果显示，现有的上述各再生方法存在的不足是：

- 1) 炭损耗率相对较高：3~15%；
- 2) 再生时间较长：30~100min；
- 3) 活性炭吸附容量恢复率不高；
- 4) 再生过程能耗高；
- 5) 再生设备复杂；
- 6) 再生次数过多，活性炭的劣化严重；
- 7) 再生成本在整个吸附工艺成本中所占的比重很大。

微波加热技术已成功应用在食品加工、物料干燥、化学反应等领域，和传统的加热方式相比有很多优势，如能源利用率高、加热速度快（为传统加热方式的十几分之一到几分之一甚至更短）。据报道，



微波作为热源再生活性炭在水处理活性炭再生领域已有应用，但尚处于起步阶段，用于再生气体处理活性炭则国内外都属空白。

鉴于传统活性炭方法的诸多方面需要改进，微波加热已可用于水处理活性炭再生，而气体处理活性炭特别是载挥发性非极性有机物活性炭和水处理活性炭再生过程的不同，促使了本发明的形成。

本发明的目的旨在利用微波加热能源利用率高、加热速度快、加热均匀，温度梯度小，用于活性炭再生时里外同时加热，内部温度略高于外部温度，传热方向与传质方向一致等特点，将微波作为热源直接作用于活性炭，改进传统的加热再生活性炭方法，建立一种新的挥发性非极性有机物活性炭再生方法。

本发明是依靠以下的技术方案来实现的。

1. 图 1 是本发明的工艺流程图。第 1 部分为载气气源，载气的选择条件是微波再生过程中不会和吸附质及活性炭发生化学反应，对载挥发性非极性有机物活性炭的再生，最好使用氮气或惰性气体，另外载气源还为载气提供动力，使载气具备一定的压力以通过再生系统；第 2 部分为载气预处理装置，包括硅胶和活性炭柱，作用是利用硅胶和活性炭对水分和其它杂质的吸附作用除去载气中的水分和其它杂质，以保证回收产物的纯度；第 3 部分为流量和压力控制计量部分，作用是控制载气的压力和流量，以使载气以工艺所需的流速通过再生反应器；第 4 部分是微波反应加热器，其功能是为活性炭再生提供一定频率和所需功率的微波辐射，微波频率为 2450MHz 或 915MHz，微波功率根据活性炭量来决定；第 5 部分为活性炭再生反应器，形状和大小和普通活性炭吸附柱相似，但加工反应器的材质必须保证微波可穿透，并且能耐高温（800℃以上），最好用石英玻璃作为加工反应器的材料；第 6 部分为出口气流降温回收装置，于经过微波再生之后的

载气、吸附质混合气流的温度很高,须经降温处理,如果吸附质是挥发性有机物,通过降温还可由此回收冷凝的吸附质,本发明是通过水冷换热器进行降温回收的,如生产必要还可通过换热器利用废热,经过此部分处理工艺后的气流中含有少量的吸附质气体,可以考虑将其引入吸附工艺进行处理以达到彻底治理效果;第7部分是吸附质接收装置,为保证吸附质不致挥发,此部分应保持较低温度(不高于室温)。

## 2. 工艺条件

活性炭再生一般需要考虑的重要指标是脱附率、再生炭的吸附容量以及活性炭损耗率,经过实验研究发现影响这几项指标的主要因素(工艺条件)有微波功率、活性炭量、再生时间及载气流速等。

各工艺条件对脱附率的影响规律如下:

- 1) 对脱附率影响大小依次为活性炭量、微波功率、微波辐照时间、氮气线速度;
- 2) 活性炭量增大有利于脱附率的提高;微波功率的增大有利于脱附率的提高;再生时间越长脱附率越高;氮气线速度对脱附率的影响不显著。

各工艺条件对再生炭吸附容量的影响规律如下:

- 1) 对脱附率影响大小依次为活性炭量、氮气线速度、微波功率、微波辐照时间;
- 2) 再生中活性炭量越大再生炭的吸附量越大;微波功率越大再生炭吸附量越高;再生时间的长短对再生炭吸附量的影响小,但随时间的增长,再生炭吸附量也随之增大;载气流速大于或小于0.4m/s有利于再生炭吸附量的提高。

各工艺条件对活性炭损耗率的影响体现在微波功率越大,活性炭的损耗越大;载气流速过大过小都会使活性损耗增加;活性炭量越

大, 活性炭损耗越大。

根据上述规律优化的再生工艺条件是: 微波功率/活性炭量  
70~90w/g 活性炭, 载气流速 0.1~0.3m/s, 再生时间 6~7min。

3. 本发明中再生过程可以用下列公式计算微波再生过程中任意时刻活性炭上吸附质的残留量

$$q = q_0 - \frac{\int_0^t g(t) dt}{M_c} \quad 1)$$

式 1) 中  $q$ ——任意时刻活性炭上甲苯的残留量, kg 吸附质/kg 活性炭;

$q_0$ ——未进行再生时的活性炭的吸附量, kg 吸附质/kg 活性炭;

$t$ ——时间, s;

$M_c$ ——活性炭质量, kg;

$$g(t) = \frac{(5.38 + 4.1U) P_v F}{3.600} \sqrt{M} \quad 2)$$

式 2) 中  $U$ ——载气流速, m/s;

$F$ ——再生反应器横截面积,  $m^2$ ;

$M$ ——吸附质分子量;

$P_v$ ——吸附质饱和蒸气压, mmHg;

$\text{Log} P_v = -0.05223A/T + B$ , 其中  $A, B$  为常数,  $T$  为  $t$  时

刻活性炭温度 (K), 由活性炭升温方程计算得出。

求解 1) 式的边界条件及初始条件为

$$t=0, q=q_0;$$

$$t=t_M, q=0;$$

$$q \leq q_0$$



$T_M$  为吸附质蒸发结束时间, s.

任意时刻出口气流中吸附质浓度由下式计算

$$-dq/dt = C_T \cdot Q \quad 3)$$

式中  $q, t$ ——意义同前;

$Q$ ——载气流量,  $m^3/s$ ;

$C_T$ —— $dt$  时间内吸附质的平均浓度,  $kg/m^3$ .

式 3) 是一常微分方程, 由于时间为 0 时,  $q = q_0$ , 再代如 1) 中的  $q$  表达式, 即可解出  $C_T$  与  $t$  的关系, 即甲苯出口浓度随时间的变化.

#### 4. 本发明的技术指标及特性

本发明可以达到以下指标:

再生时间: 6~7min; 吸附量恢复率 85~110%; 炭损耗率 < 9%;

总能耗 (电耗)  $\leq 9.07kwh/kg$  活性炭.

与公知再生方法比较, 本发明具有以下优点:

- 1) 工艺简单, 再生时间短, 为常规再生方法的 1/2~1/140;
- 2) 再生炭的吸附性能恢复良好; 由于甲苯急剧蒸发时对活性炭孔隙有扩张作用, 再生炭吸附率甚至可以超过新鲜炭;
- 3) 再生过程不消耗热量、蒸汽, 能耗远低于强制放电再生以外的方法, 由于不消耗额外的热量及蒸汽, 所以工艺简单、操作简便;
- 4) 可以回收吸附质, 由于再生吸附质纯度高, 无其它副产物, 回收产品纯度很高, 由于微波能不会导致化学键的断开, 所以应用到其它有机吸附质时, 也不会产生因有机物分解而产生的二次污染.

图 1 是本发明的工艺流程图. 图 1 中 1 为载气源, 2 为载气除杂质装置, 3 为载气流量和压力控制计量装置, 4 为微波加热器, 5 为再生反应器, 6 为回收吸附质接收装置. 图 2 为微波加热器的组成结构图, 图中 8 为微波炉, 9 为再生反应器, 10 为铠装热电偶, 11 为数显

温度指示仪, 12 为待再生活性炭。

### 实施例

采用附图 1 所示的工艺流程, 载气源为氮气, 预处理部分为装有活性炭和硅胶的干燥管, 采用流量范围为  $0\sim 1.5\text{m}^3/\text{h}$  的转子流量计计流量, 用 U 形水银压力计测定压力, 微波加热器为额定输出功率 700W (功率可调) 微波炉, 再生反应器由石英玻璃制成 (高 130mm, 直径 26cm), 再生反应器和微波加热器的具体形式如附图 2 所示, 降温回收部分为长 150mm, 直径 40mm 蛇形冷凝管, 吸附质用锥形瓶回收, 进行再生处理的活性炭为重庆北碚化学试剂厂产 HG3-1290-80 型颗粒状活性炭, 吸附质为甲苯, 活性炭对甲苯的吸附容量为 0.31kg 甲苯/kg 活性炭。

再生工艺条件为: 载气流速  $0.2\text{m/s}$ , 微波功率/活性炭量  $70\text{w/g}$  活性炭, 再生时间 6min。

再生结果甲苯脱附率为 99%, 活性炭损耗率为 5%, 再生炭吸附容量为 0.34kg 甲苯/kg 活性炭, 回收所得甲苯液体中甲苯含量为 74.5%。

# 说明书附图

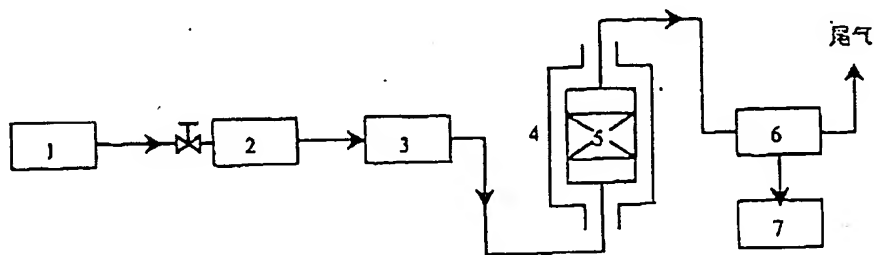


图1

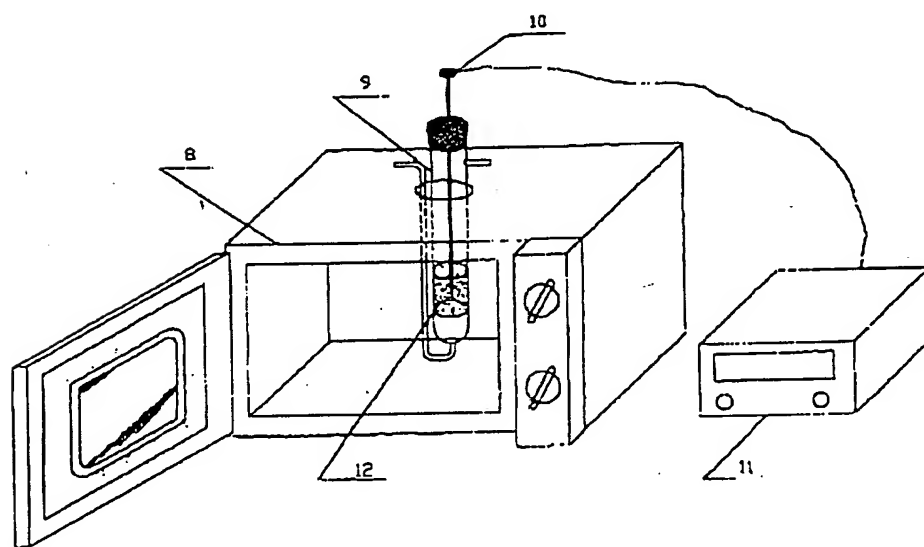


图2